

<ООО «ПТИ»>



ПРОЕКТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБОК ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Отчет



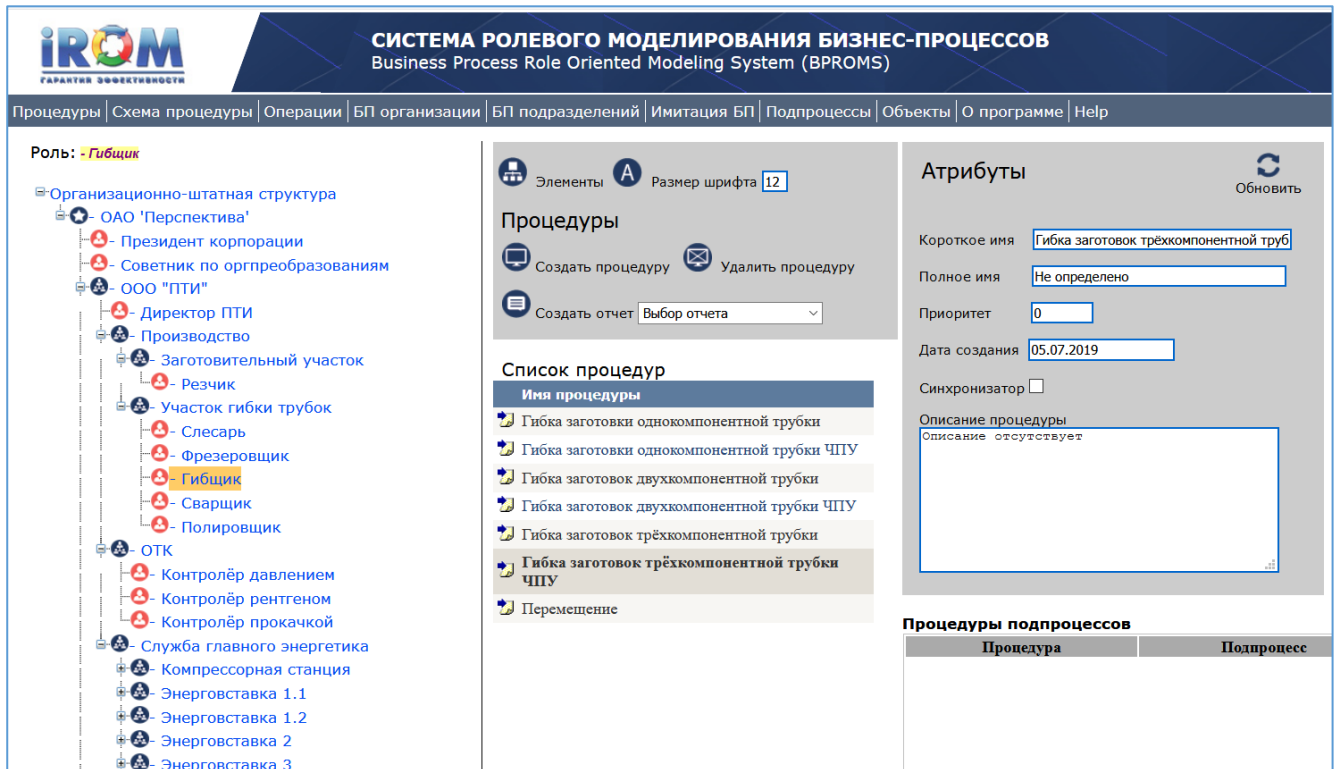
<ООО «ПТИ»>

Оглавление

ОБЪЕКТ МОДЕЛИРОВАНИЯ	3
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	4
МОДЕЛЬ «КАК ЕСТЬ»	5
Исходные данные модели «Как есть»	5
Результаты комплексного моделирования «Как есть»	8
МОДЕЛЬ «КАК БУДЕТ».....	11
Исходные данные модели «Как будет».....	11
Результаты комплексного моделирования «Как будет»	12
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ «КАК ЕСТЬ» И «КАК БУДЕТ»	15
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВХОДНОГО ПОТОКА ЗАКАЗОВ НА ПРОИЗВОДСТВО ТРУБОК.....	15
РЕСУРСЫ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ТРУБОК.....	16
РАЗМЕРЫ ОЧЕРЕДЕЙ К РЕСУРСАМ ПРОЦЕССА.....	17
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЦЕССА (ВРЕМЯ ЦИКЛА).....	17
СТЕПЕНЬ ЗАГРУЗКИ РЕСУРСОВ	18
ТРУДОЗАТРАТЫ НА ЕДИНИЦУ ПРОДУКЦИИ (РЕЗУЛЬТАТА) ПРОЦЕССА	19
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА В ПРОЦЕССЕ НА ЕДИНИЦУ ПРОДУКЦИИ В ЧЕЛ.ЧАС.....	19
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА В ПРОЦЕССЕ НА ЕДИНИЦУ ПРОДУКЦИИ В ТЫС.РУБ.....	20
КОЛИЧЕСТВО СОБЫТИЙ ПО КОНЕЧНЫМ ТОЧКАМ ПРОГОНА.....	20
ЗАДЕРЖКИ В ОЧЕРЕДЯХ ПРОЦЕССА	20
ЗАТРАТЫ РЕСУРСА "ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ" НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОДНОЙ ТРУБКИ.....	22
ЗАТРАТЫ РЕСУРСА "СЖАТЫЙ ВОЗДУХ" НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОДНОЙ ТРУБКИ.....	23
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРА "КАЧЕСТВО" В ПРОЦЕДУРЕ "КОНТРОЛЬ ДАВЛЕНИЕМ"	25
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРА "КАЧЕСТВО" В ПРОЦЕДУРЕ "КОНТРОЛЬ РЕНТГЕНОМ".....	26
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ	29
Результаты проекта	29
Вывод.....	30

Объект моделирования

На предприятии ООО «ПТИ» организовано производство трубок газотурбинного двигателя самолета. (см. оргструктуру рис.1)



СИСТЕМА РОЛЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
Business Process Role Oriented Modeling System (BPROMS)

Процедуры | Схема процедуры | Операции | БП организации | БП подразделений | Имитация БП | Подпроцессы | Объекты | О программе | Help

Роль: - **Гибщик**

Организационно-штатная структура

- ОАО 'Перспектива'
 - Президент корпорации
 - Советник по оргпреобразованиям
 - ООО "ПТИ"
 - Директор ПТИ
 - Производство
 - Заготовительный участок
 - Резчик
 - Участок гибки трубок
 - Слесарь
 - Фрезеровщик
 - Гибщик**
 - Сварщик
 - Полировщик
 - ОТК
 - Контролёр давлением
 - Контролёр рентгеном
 - Контролёр прокачкой
 - Служба главного энергетика
 - Компрессорная станция
 - Энерговставка 1.1
 - Энерговставка 1.2
 - Энерговставка 2
 - Энерговставка 3

Элементы A Размер шрифта 12

Процедуры

Создать процедуру Удалить процедуру

Создать отчет Выбор отчета

Список процедур

Имя процедуры
Гибка заготовок однокомпонентной трубки
Гибка заготовок однокомпонентной трубки ЧПУ
Гибка заготовок двухкомпонентной трубки
Гибка заготовок двухкомпонентной трубки ЧПУ
Гибка заготовок трёхкомпонентной трубки
Гибка заготовок трёхкомпонентной трубки ЧПУ
Перемещение

Атрибуты Обновить

Короткое имя Гибка заготовок трёхкомпонентной труб

Полное имя Не определено

Приоритет 0

Дата создания 05.07.2019

Синхронизатор

Описание процедуры

Описание отсутствует

Процедуры подпроцессов

Процедура	Подпроцесс

Рис 1. Модель оргструктуры

Объектом моделирования является процесс производства трубок.

Производятся три типа трубок:

- Однокомпонентные;
- Двухкомпонентные;
- Трёхкомпонентные.

В процесс производства вовлечены три подразделения:

- Заготовительный участок;
- Трубогибочный участок;
- ОТК.

На заготовительном участке в производстве трубок задействованы:

- Резчики заготовок.

На трубогибочном участке задействованы:

- Слесари;
- Фрезеровщики;
- Гибщики;



<ООО «ПТИ»>

- Полировщики.

В отделе технического контроля проверяют готовые трубки:

- Контролеры давлением;
- Контролеры рентгеном;
- Контролёры прокачкой керосином.

Каждый участник выполняет часть операций производственного процесса и передаёт результат следующему участнику.

Каждая такая часть процесса представляет собой процедуру, начинающуюся с события получения результата от предыдущего участника процесса и заканчивающаяся событием передачи собственного результата следующему участнику.

Каждая процедура состоит из одной или нескольких операций.

Постановка задачи

На начало выполнения проекта «Повышение эффективности процесса производства трубок», гибка трубок выполнялась вручную с использованием гибочной оснастки и нагрева трубок на установке ТВЧ (установка нагрева токами высокой частоты).

Необходимо организовать и оценить процесс производства с применением современного гибочного станка с ЧПУ и показать эффективность нового процесса по сравнению с существующим производственным процессом.

Интегральная эффективность производственного процесса складывается из частных показателей эффективности, таких как:

1. Производительность процесса;
2. Трудоемкость процесса;
3. Время выполнения производственного процесса;
4. Степень загрузки персонала процесса;
5. Степень загрузки оборудования процесса;
6. Уровень выхода качественной продукции;
7. Размеры очередей в точках передачи ответственности процесса;
8. Время ожидания в точках передачи ответственности процесса;
9. Энергоёмкость производственного процесса;

Постановка задачи: Используя систему iROM построить динамические имитационные модели процесса производства трубок «Как есть» и «Как будет» и по результатам моделирования в цифрах доказать повышение эффективности по перечисленным выше показателям.

Время выполнения проекта не должно превышать 1,5 месяца.

Модель «Как есть»

Исходные данные модели «Как есть»

Исходные данные модели «Как есть» попадают в систему на основе применения технологии краудсорсинга. Базовой единицей (модулем) краудсорсинга является процедура. Для автоматической генерации сквозной процессной модели «Как есть» в системе пользователями созданы 16 процедур (см. Таблице 1).

Таблица 1

№ п/п	Наименование процедуры	Роль (должность)
1	Порезка заготовок	Резчик
2	Снятие фасок 1-компонентном комплекте	Слесарь
3	Снятие фасок 2- компонентном комплекте	
4	Снятие фасок 3- компонентном комплекте	
5	Вальцевание заготовки однокомпонентной трубки	Фрезеровщик
6	Вальцевание заготовок двухкомпонентной трубки	
7	Вальцевание заготовок трёхкомпонентной трубки	
8	Гибка заготовки однокомпонентной трубки	Гибщик
9	Гибка заготовок двухкомпонентной трубки	
10	Гибка заготовок трёхкомпонентной трубки	
11	Сварка двухкомпонентной трубки	Сварщик
12	Сварка трёхкомпонентной трубки	
13	Зачистка, полировка и маркировка	Полировщик
14	Контроль давлением	Контролер давлением
15	Контроль рентгеном	Контролер рентгеном
16	Контроль прокачкой	Контролер прокачкой

В созданной модели «Как есть» каждую роль исполняет определённое количество штатных единиц. В Табл.2 указано задействованное количество штатных единиц и вилки зарплат должностей (ролей).

Таблица 2

№ п/п	Должность (роль)	Количество штатных единиц	Min затраты в месяц на зарпл. 1 шт.ед.	Max затраты в месяц на зарпл. 1 шт.ед.
1	Гибщик	13	70000	80000
2	Контролёр давлением	2	60000	70000
3	Контролёр прокачкой	2	30000	40000
4	Контролёр рентгеном	2	50000	60000
5	Полировщик	4	50000	60000
6	Резчик	3	50000	60000
7	Сварщик	4	55000	65000
8	Слесарь	2	45000	45000
9	Фрезеровщик	4	47000	55000
	Итого:	36		

Графическое представление перечисленных в Таблице 1 процедур можно посмотреть в демоверсии системы (см. сайт ООО iROM). Любая из перечисленных процедур включает в себя от одной до десяти операций.

Здесь приведем, в качестве примера, две из перечисленных 16-ти процедур, процедуры «Гибка заготовок трёхкомпонентной трубки» и «Сварка трёхкомпонентной трубки».

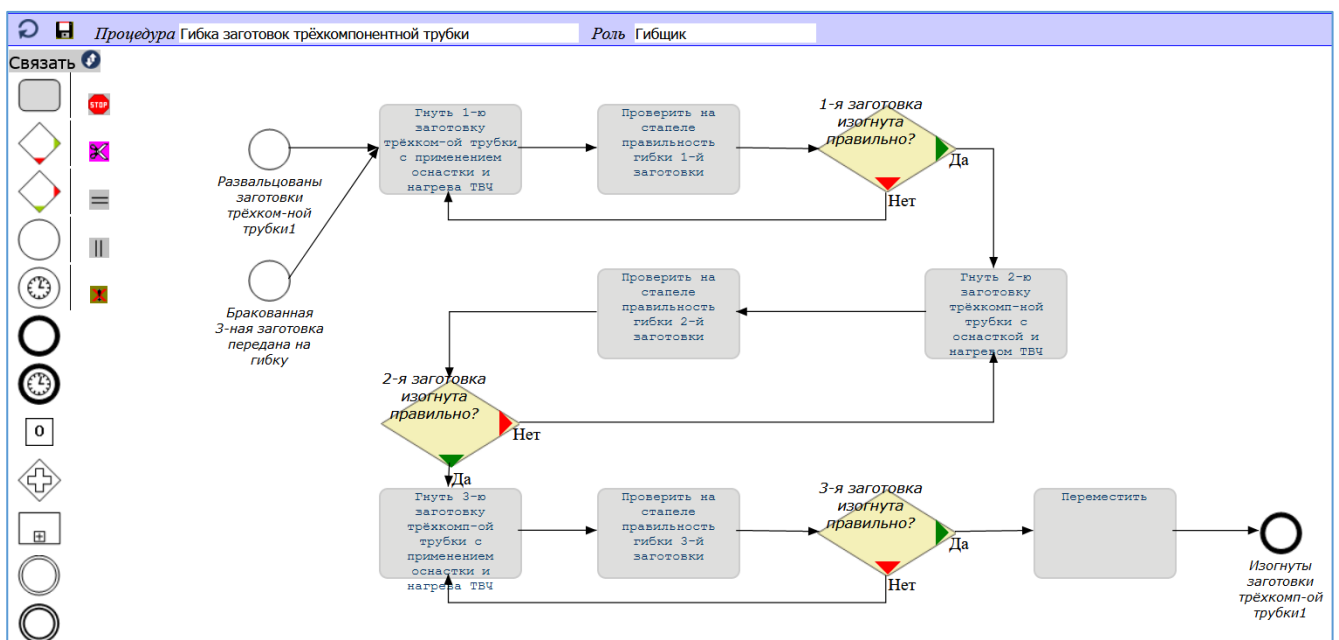


Рис 1. Процедура ручной гибки трёхкомпонентной трубки

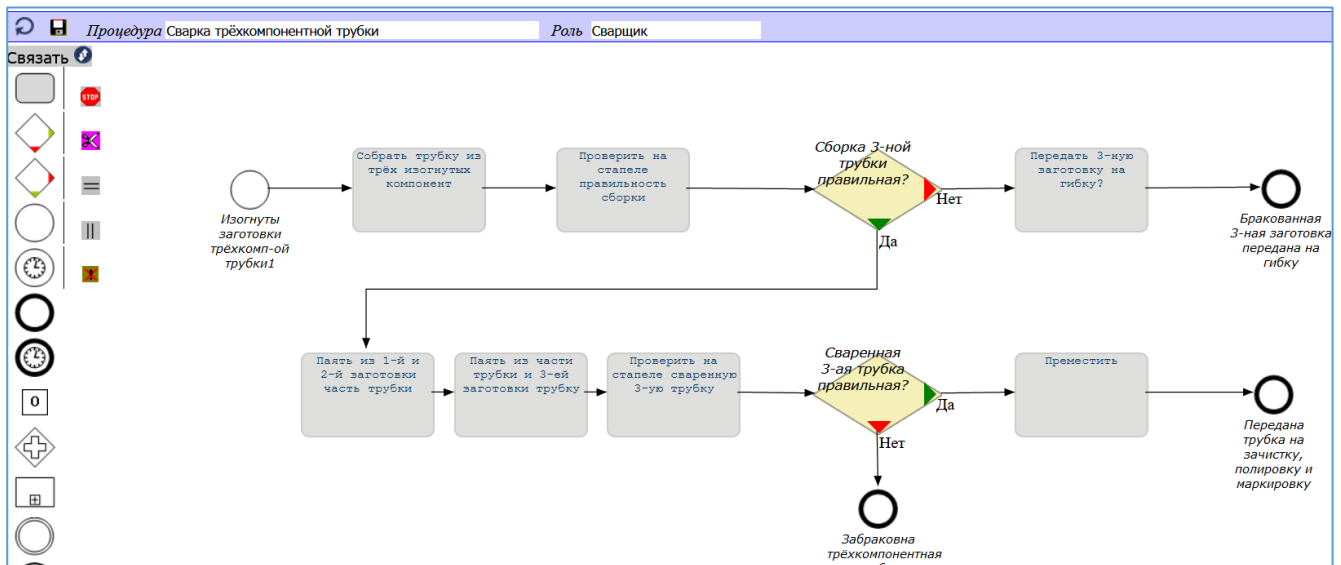


Рис 2. Процедура сварки трёхкомпонентной трубы (модель «Как есть»)

В Табл.3 представлены операции, входящие в состав перечисленных процедур, а также указано минимальное и максимальное время выполнения этих операций.

Таблица 3

№ п/п	Операция	Роль	Оборудование	Длительность	
				мин	сек
1	Порезка	Резчик	Отрезн.станок	3:14	3:58
2	Снятие фаски	Слесарь	Токарный станок	1:05	1:19
3	Вальцевание	Фрезеровщик	Вальц. станок	2:42	3:41
4	Гибка	Гибщик	Оснастка. ТВЧ	13:30	16:30
		Гибщик ЧПУ	Станок с ЧПУ	1:20	1:40
5	Проверка.гибки	Гибщик	Стапель	5:24	6:36
6	Сборка	Сварщик	Стапель	2:42	3:18
7	Пров. сборки	Сварщик	Стапель	5:24	6:36
8	Сварка	Сварщик	Стапель	2:42	3:18
9	Пров. трубы	Сварщик	Стапель	5:24	6:36
10	Зачистка	Полировщик	Ручная операция	4:18	5:28
11	Полировка	Полировщик	Полиров.инструмент	4:18	5:28
12	Маркировка	Полировщик	Ручная операция	1:05	1:19
13	Контр. давл.	Контролер давл.	Устан.пров.давл.	6:29	7:55
14	Контр. ренг.	Контролер ренг.	Рентген-кий апп.	6:29	7:55
15	Контр. прокач.	Контролер прок.	Устан.пров.прок.	7:01	8:15
16	Перемещение	Все роли	Нет обор.	00:10	2:12

В Табл.4 указано электропотребление отдельных операций производственного процесса изготовления труб.



Таблица 4

№	Операция	Роль	Оборудов.	Затраты в квч	
				min	max
1	Порезка	Резчик	Отрезной станок	0,0540	0,0667
2	Вальцевание	Фрезеровщик	Вальц. станок	0,0355	0,0488
3	Гибка	Гибщик	Оснастка. ТВЧ	0,675	0,825
		Гибщик ЧПУ	Станок с ЧПУ	0,05	0,067
4	Сварка	Сварщик	Свар.аппарат	0,0222	0,0278
5	Полировка	Полировщик	Полир.инструмент	0,0361	0,0458
6	Контр. давлением	Контролер давл.	Установка пров.давл.	0,0867	0,1056
7	Контр. рентгеном	Контролер ренг.	Рентгеновский аппарат.	0,0583	0,0688
8	Контр. прокачкой	Контролер прок.	Устан.пров.прокачк.	0,0500	0,0667

В Табл.5 указано потребление сжатого воздуха отдельных операций производственного процесса изготовления трубок.

Таблица 5

№	Операция	Роль	Оборудов.	Затраты в м3	
				min	max
1	Зачистка	Полировщик	Пескоструйный апп.	2,0	2,5
2	Контр. давлением	Контролер давл.	Устан.пров.давлен.	2,7	3,5

Результаты комплексного моделирования «Как есть»

Используя в качестве исходных данных построенные участниками процесса (пользователями) процедуры, система iROM, **автоматически** (за 1 – 2сек) генерирует схему сквозного процесса производства трубок, от события «Поступил наряд-заказ на трубку» до события «Трубка помещена на стеллаж готовой продукции» (см. рис. 3, схема процесса на следующих двух страницах).

<ООО «ПТИ»>

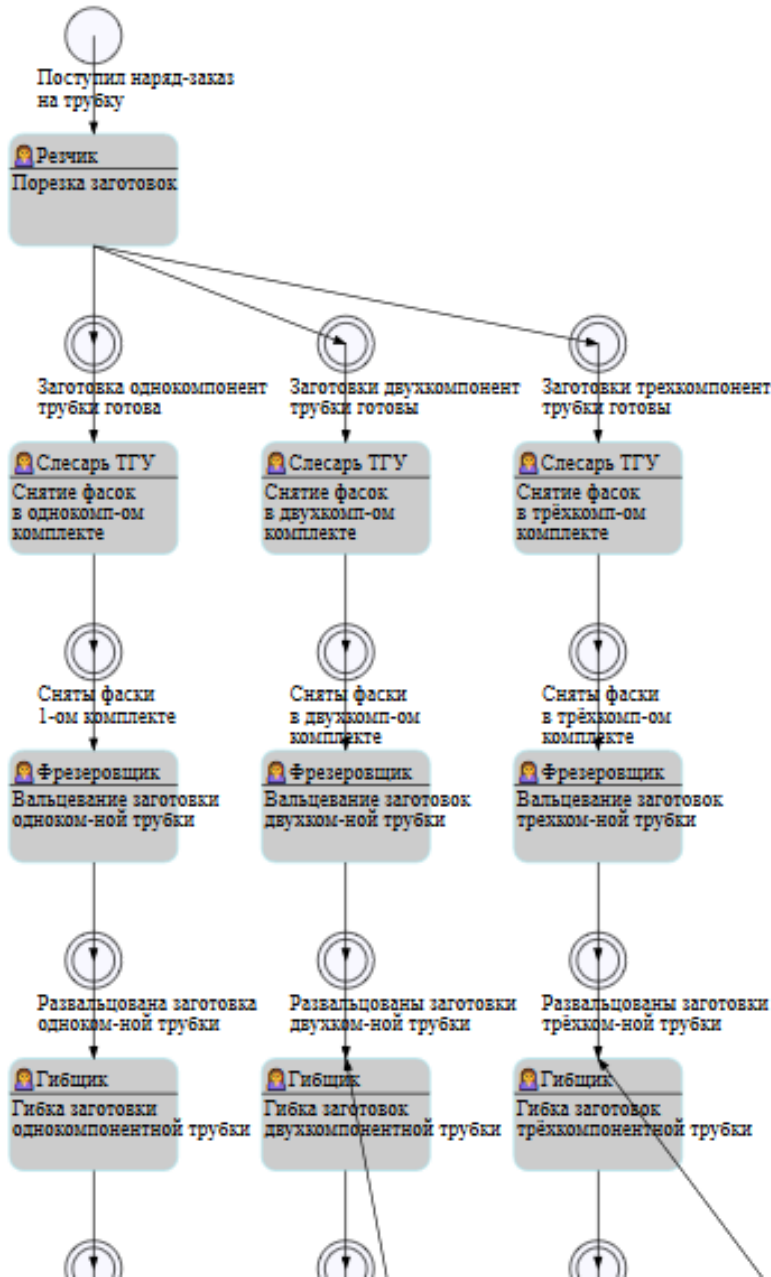


Рис 3. Первая часть схемы процесса «Как есть»

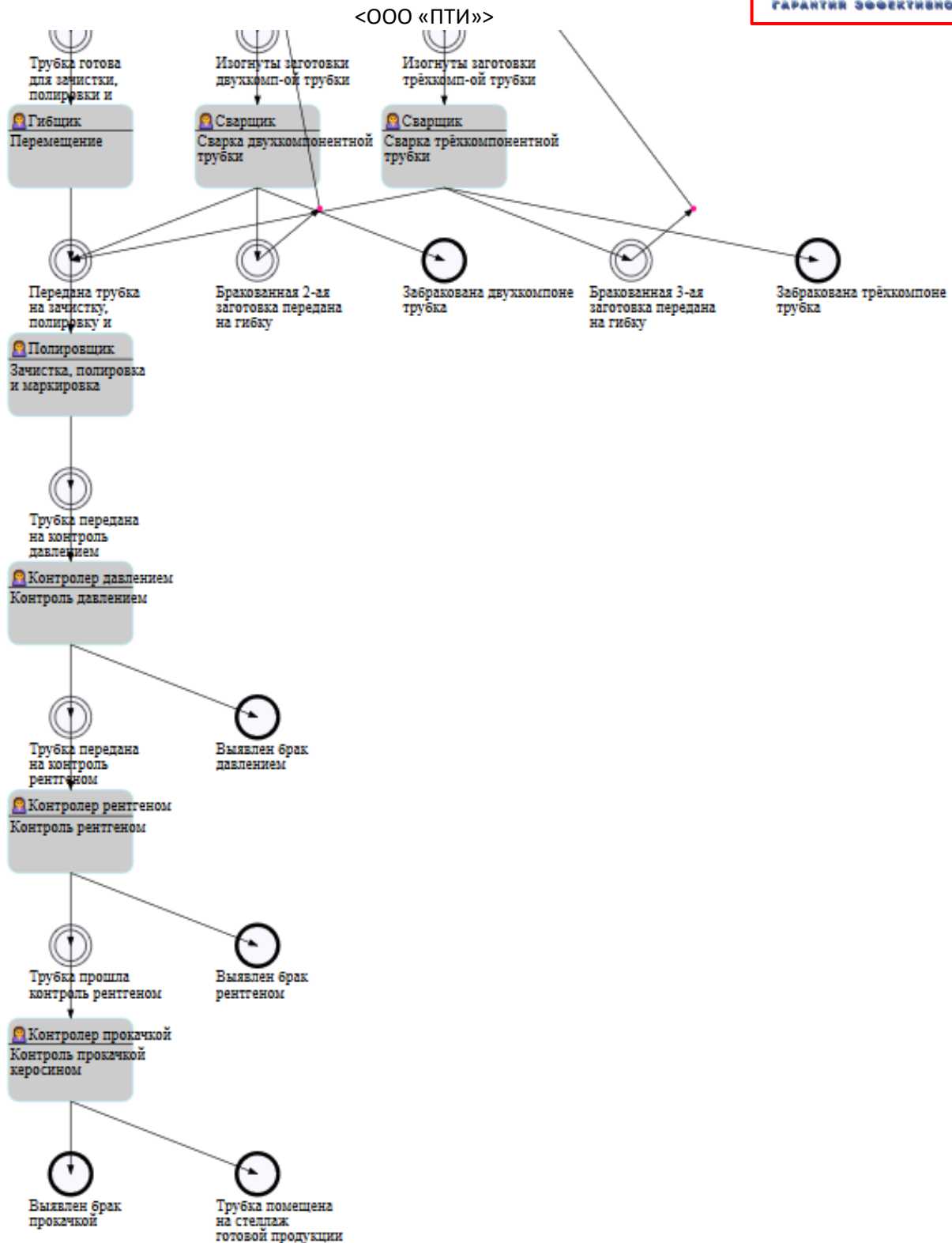


Рис. 3. Вторая часть схемы процесса «Как есть»

При ручной гибки (модель «Как есть») наряду с качественной продукцией возникает исправимый и неисправимый брак, что приводит к потерям и возвратам к предшествующим шагам процесса

Модель «Как будет»

Исходные данные модели «Как будет»

Модели «Как будет» создаются на основе модели «Как есть».

На основе анализа ключевых показателей деятельности процессов модели «Как есть», ответственные работники предприятия (аналитики) выдвигают гипотезы улучшений, изменяют модель в соответствии с гипотезами, проводят эксперименты, проверяют результаты экспериментов на предмет улучшения показателей. После нескольких итераций выбирается модель, наиболее полно отвечающая поставленной задаче. Выбранная модель предлагается к внедрению практику.

В рассматриваемом проекте повышения эффективности производства трубок изменения коснулись пяти процедур, исполняемых гибщиками и сварщиками, а общее количество работников сокращено с 36 до 21.

В созданной модели «Как будет» каждую роль исполняет заданное количество штатных единиц. В Табл. указано задействованное количество штатных единиц и вилки зарплат должностей (ролей).

Таблица

№ п/п	Должность (роль)	Количество штатных единиц	Min затраты в месяц на зарплату 1 шт. ед.	Max затраты в месяц на зарплату 1 шт. ед.
1	Гибщик ЧПУ	1	70000	80000
2	Контролёр давлением	2	60000	70000
3	Контролёр прокачкой	2	30000	40000
4	Контролёр рентгеном	2	50000	60000
5	Полировщик	4	50000	60000
6	Резчик	3	50000	60000
7	Сварщик	1	55000	65000
8	Слесарь	2	45000	45000
9	Фрезеровщик	4	47000	55000
	Итого:	21		

Как видно из таблицы в модели «Как будет» количество гибщиков сокращено с 13 до 1, а сварщиков с 4 до 1 по сравнению с моделью «Как есть». Общее количество штатных единиц, занятых в процессе производства трубок, сокращено на 15 человек.

Графические представления процедур модели «Как будет» можно посмотреть в демоверсии системы (см. процедуры, имеющие в наименовании аббревиатуру ЧПУ).

<ООО «ПТИ»>

Здесь приведем, в качестве примера, две из этих измененных 5-ти процедур, процедуры «Гибка заготовок трёхкомпонентной трубки ЧПУ» и «Сварка трёхкомпонентной трубки ЧПУ» (см. рис 4, рис 5).

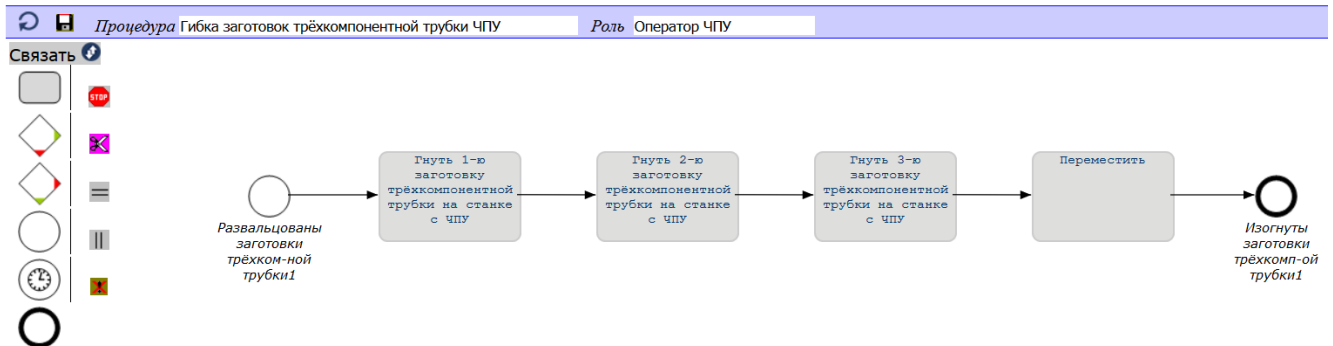


Рис 4. Процедура гибки трёхкомпонентной трубки на станке с ЧПУ (модель «Как будет»)

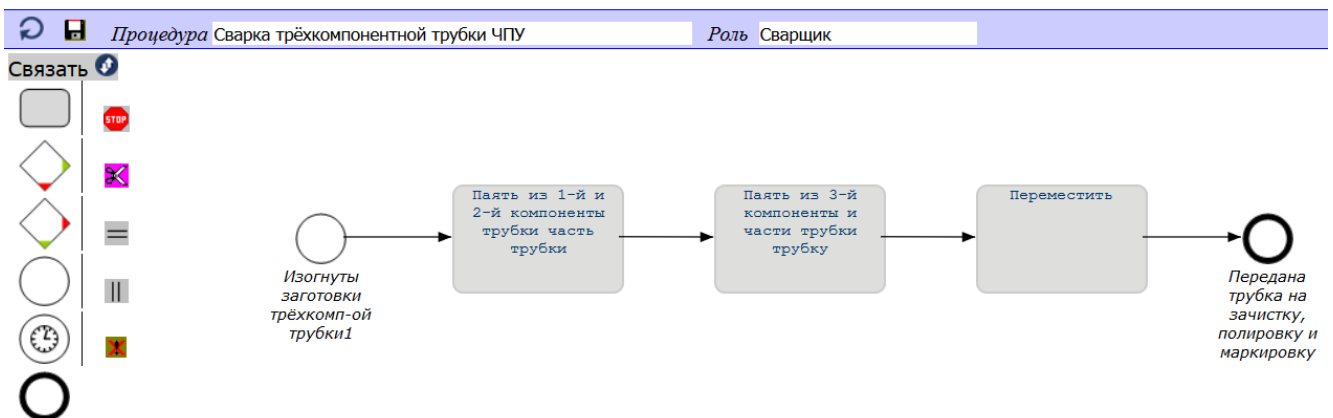


Рис 5. Процедура сварки трёхкомпонентной трубки (модель «Как будет»)

Как видно из схем процедур, из них удалены операции контроля конфигурации изогнутых трубок. Это связано с тем, что гибочный станок с ЧПУ выполняет гибку, не допуская брака. Кроме того, время выполнения операции гибки сокращается min с 13мин 30сек до 01мин 20сек и max с 16мин 30сек до 01мин 40сек. Все это позволило сократить количество гибщиков с 13 до 1 человека, а количество сварщиков с 4 до 1 человека.

Результаты комплексного моделирования «Как будет»

В результате система iROM **автоматически** (за 1 – 2 сек) генерирует сквозной процесс производства трубок с применением трубогибочного станка с ЧПУ, представленный ниже.

<ООО «ПТИ»>

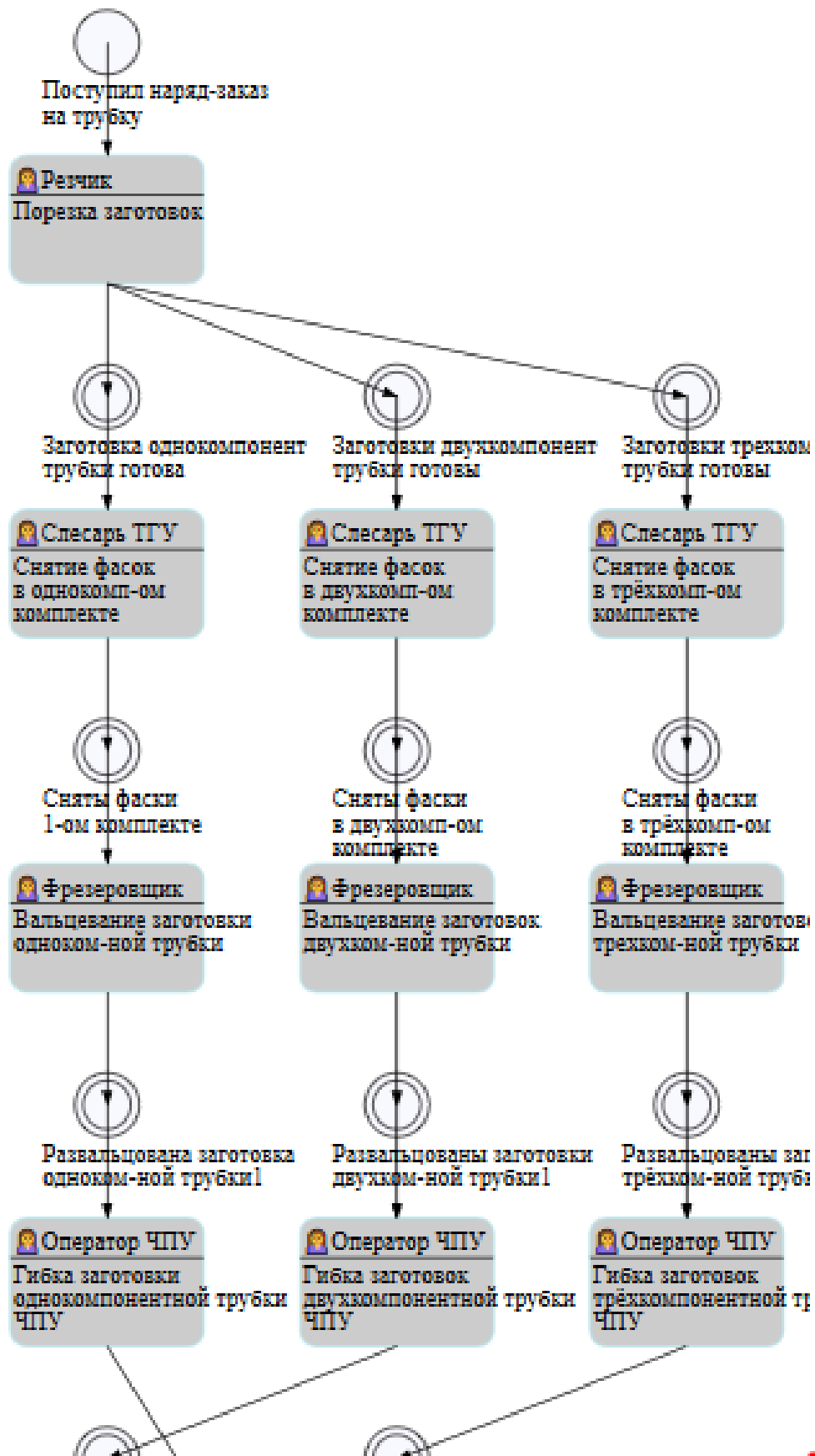


Рис 6. Первая часть процесса «Как будет»

<ООО «ПТИ»>

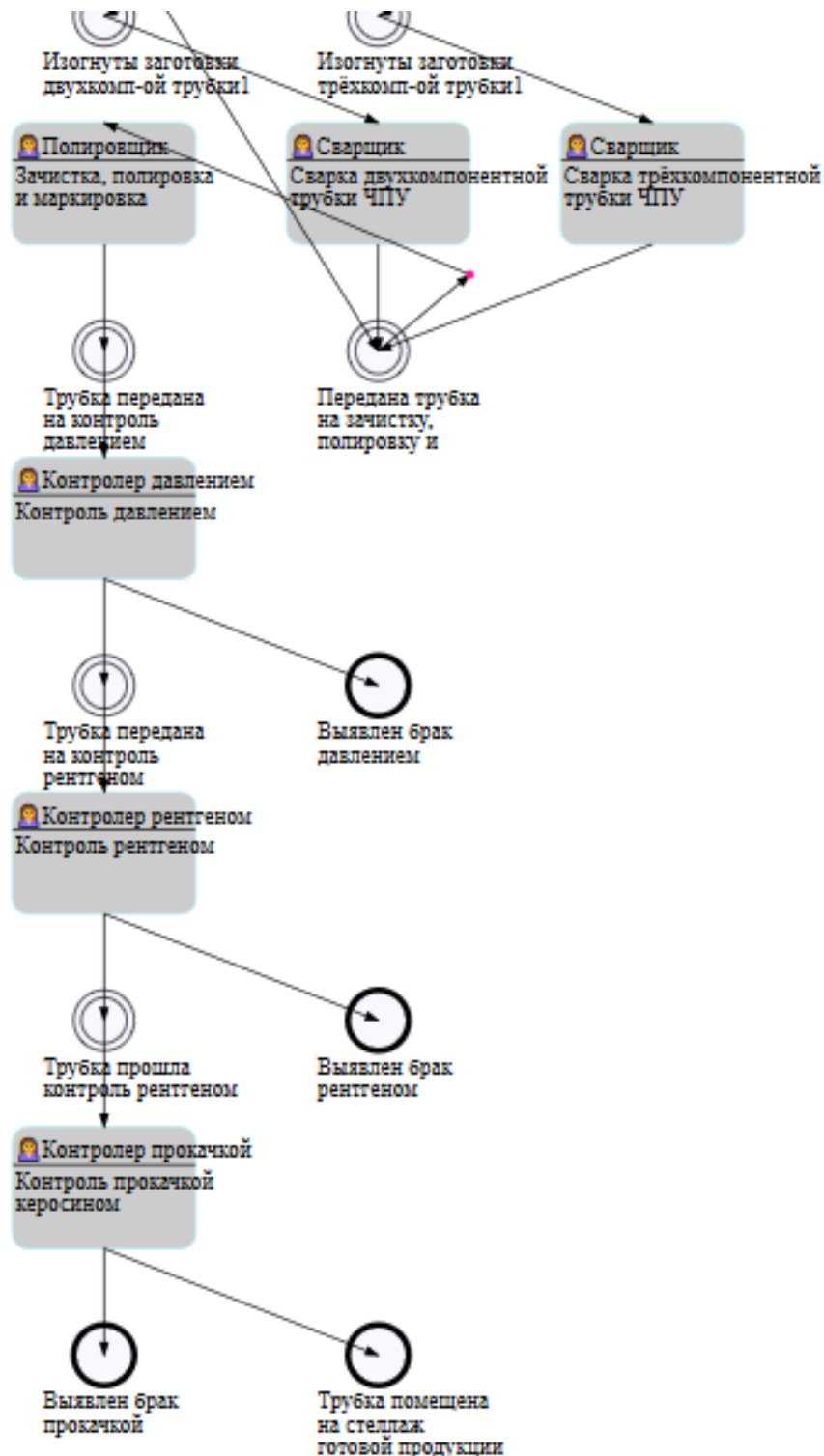


Рис 6. Вторая часть процесса «Как будет»

При машинной гибке (модель «Как будет») брак не возникает, а также потерь и возвратов не возникает, а сам процесс становится более простым.

Сравнительный анализ результатов моделирования «Как есть» и «Как будет»

Детальные результаты динамического имитационного моделирования в виде автоматически выдаваемых отчетов можно получить в системе.

Динамику моделей можно посмотреть на анимационной модели производственного процесса.

Характеристики входного потока заказов на производство трубок

№ п/п	Наименование параметра	Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
1	Количество поступивших входных событий "Поступил заказ на трубку" прогона	700	700
2	Длительность действия входного потока	52 час. 30 мин. 0 сек.	52 час. 30 мин. 0 сек.
3	Моделируемый тип входного потока событий	<i>Экспоненциальный</i>	<i>Экспоненциальный</i>
4	Средний интервал поступления входных событий прогона (математическое ожидание)	0 час. 4 мин. 30 сек.	0 час. 4 мин. 30 сек.

На рис. 7 представлены гистограммы плотности распределения вероятности интервалов поступления входных событий "Поступил заказ на трубку" моделей «Как есть» и «Как будет»:

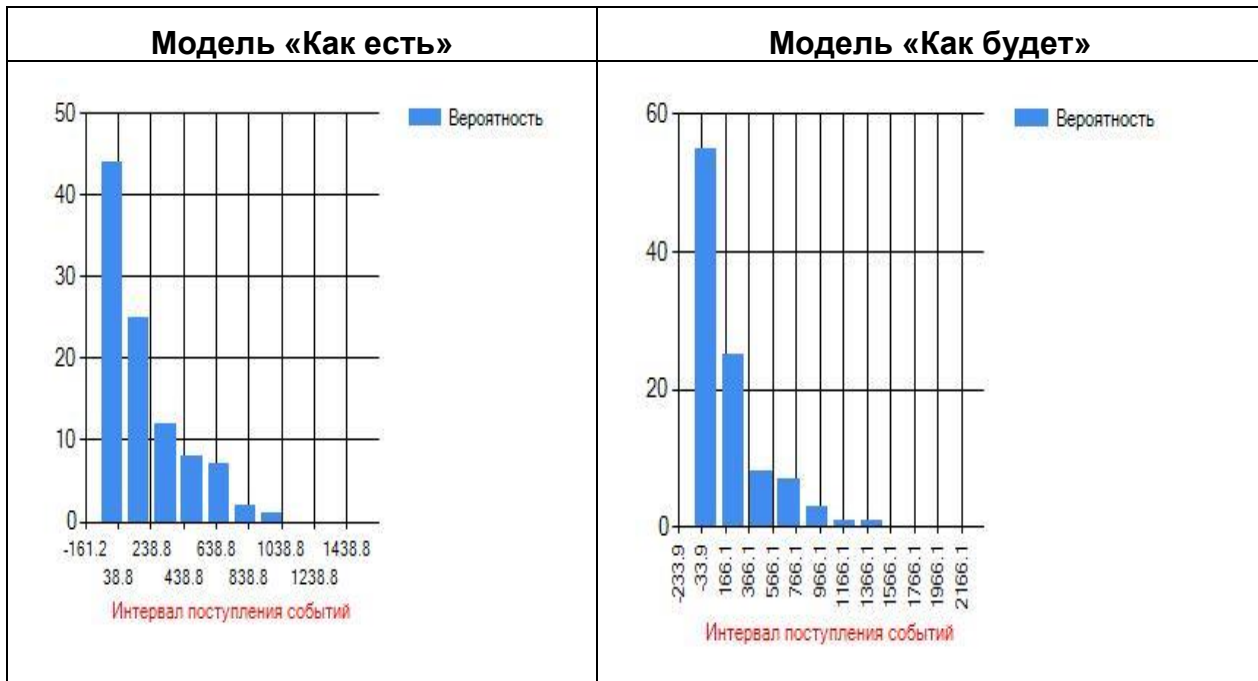


Рис. 7 Гистограмма плотности распределения вероятности интервалов поступления входных событий "Поступил заказ на трубку".

Как видно из предыдущих двух таблиц характеристики входных потоков заказов практически не отличались для моделей «Как есть» и «Как будет»

Ресурсы процесса производства трубок

В операциях выполнения процесса задействованы указанные в следующей таблице должности (роли) с соответствующим количеством штатных единиц и фондами заработной платы

№ п/п	Должность (роль)	Модель «Как есть»			Модель «Как будет»		
		Кол. шт. ед.	max фонд зарпл.	min фонд зарпл.	Кол. шт. ед.	max фонд зарпл.	min фонд зарпл.
1	Гибщик (Гибщик ЧПУ)	13	1040000	975000	1	80000	75000
2	Контролёр давлением	2	140000	130000	2	140000	130000
3	Контролёр прокачкой	2	80000	70000	2	80000	70000
4	Контролёр рентгеном	2	120000	110000	2	120000	110000
5	Полировщик	4	240000	220000	4	240000	220000
6	Резчик	3	180000	165000	3	180000	165000
7	Сварщик	4	260000	240000	1	65000	60000
8	Слесарь	2	90000	90000	2	90000	90000
9	Фрезеровщик	4	220000	204000	4	220000	204000



<ООО «ПТИ»>

	Итого:	36	2370000	2204000	21	1215000	1244000
--	--------	-----------	---------	---------	-----------	---------	---------

Как видно из предыдущей таблицы средние затраты на зарплату сократятся в модели «Как будет» на **86%** по сравнению с моделью «Как есть» или на **1057500руб** в месяц. .

Размеры очередей к ресурсам процесса

№ п/п	Должность (роль)	Модель «Как есть»		Модель «Как будет»	
		Кол. шт. ед.	Мах разм. оч.	Кол. шт. ед.	Мах разм. оч.
1	Гибщик	13	9	1	9
2	Контролёр давлением	2	4	2	3
3	Контролёр прокачкой	2	3	2	2
4	Контролёр рентгеном	2	2	2	2
5	Полировщик	4	10	3	5
6	Резчик	3	6	2	7
7	Сварщик	4	6	2	5
8	Слесарь	2	4	2	4
9	Фрезеровщик	4	7	4	6
	Итого:	36		21	

Примечание. Как видно из предыдущей таблицы средний размер очередей к ресурсам процесса в модели «Как будет» на **18,6%** меньше чем в модели «Как есть».

Характеристики времени выполнения процесса (время цикла)

№ п/п	Наименование параметра	Модель «Как есть»	Модель «Как будет»	% сокращения времени цикла
1	Среднее время выполнения процесса	2час. 35мин. 45 сек.	1 час. 43мин. 58 сек.	49,8%
2	Минимальное время выполнения процесса	1час. 18мин. 12 сек..	0 час. 57мин. 47 сек.	35,3%

<ООО «ПТИ»>

3	Максимальное время выполнения процесса	5 час. 8 мин. 22 сек.	2 час. 48мин. 29 сек.	83%
---	--	-----------------------	-----------------------	-----

Как видно из таблицы, время цикла сократилось, в среднем **49,8%**, а стабильность времени цикла повысилась на **108%**

На рис. 8 представлены гистограммы плотности распределения вероятности времени выполнения процесса от события "Поступил заказ на трубку" до события "Трубка помещена на стеллаж готовой продукции"

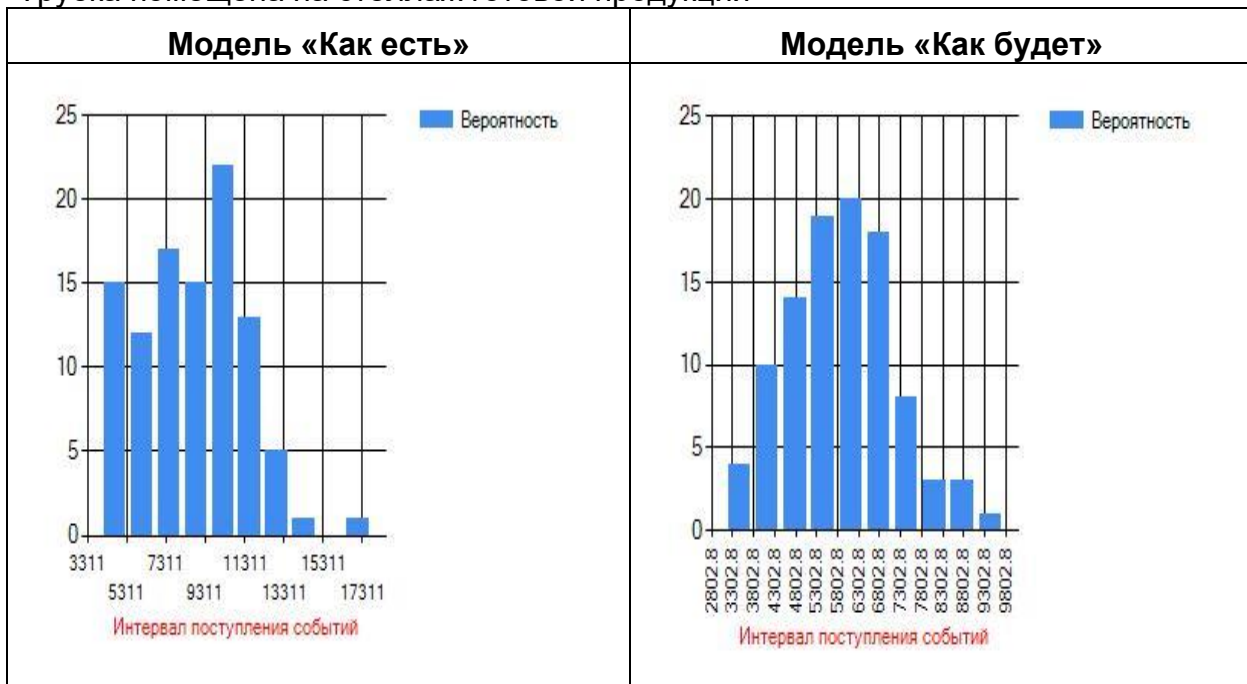


Рис. 8 Гистограмма плотности распределения вероятности времени выполнения (время цикла) процесса от события "Поступил заказ на трубку" до события "Трубка помещена на стеллаж готовой продукции"

Степень загрузки ресурсов

Степень загрузки задействованных в цепочке процесса штатных единиц представлена в следующей таблице.

№ п/п	Должность (роль)	Модель «Как есть»		Модель «Как будет»	
		Кол. шт. ед.	Уровень загрузки	Кол. шт. ед.	Уровень загрузки
1	Резчик	3	58.6%	3	57.3%
2	Слесарь	2	62,3%	2	61.5%
3	Фрезеровщик	4	73.2%	4	72%
4	Гибщик (Гибщик ЧПУ)	13	74.3%	1	85.7%
5	Полировщик	4	79.7%	4	80.6%
6	Контролёр давлением	2	84.2%	2	84.8%



<ООО «ПТИ»>

7	Контролёр рентгеном	2	81.9%	2	82.9%
8	Контролёр прокачкой	2	83.5%	2	83.9%
9	Сварщик	4	74.1%	1	79%

Степень средней загрузки ресурсов в модели «Как будет» на 0,65% выше чем в модели «Как есть», то есть практически не изменилась.

При этом важно заметить, что в модели «Как будет» количество гибщиков сократилось с 13 до 1 человека, а сварщиков с 4 до 1 человека.

Трудозатраты на единицу продукции (результата) процесса

	Должность (роль)	Модель «Как есть»		Модель «Как будет»	
		В чел. час.	В рублях	В чел. час.	В рублях
1	Резчик	0.24	80.49	0.26	87.2
2	Слесарь ТГУ	0.16	43.9	0.17	46.65
3	Фрезеровщик	0.32	99.51	0.34	105.73
4	Гибщик	1.05	480.18	0.09	41.16
5	Сварщик	0.32	117.07	0.09	32.93
6	Полировщик	0.32	107.32	0.34	114.02
7	Контролер давлением	0.16	63.41	0.17	67.38
8	Контролер рентгеном	0.16	53.66	0.17	57.01
9	Контролер прокачкой	0.16	34.15	0.17	36.28
	Итого:	2.89	1079.69	1.8	588.36

Трудозатраты на производство одной трубки в модели «Как будет» в среднем сократилось на 60% в чел.час. и на 83% в рублях, по сравнению с трудозатратами модели «Как есть».

Производительность труда в процессе на единицу продукции в чел.час.

Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
1/2,89=0,346 ед.прод./чел.час.	1/1,8=0,556 ед.прод./чел.час.



<ООО «ПТИ»>

Производительность труда в процессе производства одной усредненной трубки в модели «Как будет» возросла на 60% в чел.час. по сравнению с производительностью модели «Как есть».

Производительность труда в процессе на единицу продукции в тыс.руб

Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
1/1,0797=0,9262 ед.прод./тыс.руб.	1/0,5884=1,6996ед.прод./тыс.руб.

Производительность труда в рублях в процессе производства одной трубки в модели «Как будет» возросла в среднем на 83,5%; в рублях, по сравнению с производительностью модели «Как есть».

Количество событий по конечным точкам прогона

№ п/п	Имя конечного события прогона	Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
1	Забракована двухкомпонентная трубка	6	0
2	Забракована трёхкомпонентная трубка	8	0
3	Выявлен брак давлением	19	17
4	Выявлен брак рентгеном	19	23
5	Выявлен брак прокачкой	16	29
6	Трубка помещена на стеллаж готовой продукции	632	631
-	Итого:	700	700

Количество забракованных трубок в операциях гибки в модели «Как будет» достигло 0 по сравнению с моделью «Как есть» в остальных операциях практически не изменилось.

Задержки в очередях процесса

№ п/п	Наименование параметра	Модель «Как есть»	Модель «Как будет»	Изменение времени нахождения
-------	------------------------	-------------------	--------------------	------------------------------

<ООО «ПТИ»>

				заказов в очередях
1	Среднее время нахождения заказов в очередях	Очас. 26мин. 10 сек.	0 час. 27мин. 12 сек.	-8%
2	Минимальное время нахождения заказов в очередях	0 час. 0 мин. 5 сек.	0 час. 0 мин. 6 сек.	0%
3	Максимальное время нахождения заказов в очередях	1 час. 31 мин. 59 сек.	1 час. 26 мин. 12 сек.	+7%

Время нахождения заказов в очередях в модели «Как будет» по сравнению с моделью «Как есть» практически не изменилось.

На рис. 9 представлены гистограммы плотности распределения вероятности времени нахождения заказов в очередях



Рис. 5. Гистограмма плотности распределения вероятности времени нахождения заказов в очередях



<ООО «ПТИ»>

Затраты ресурса "Электроэнергия" на изготовление одной трубки

		Модель «Как есть»	Модель «Как будет»	Коэффициент сокращения затрат электроэнергии в модели «Как будет» относительно модели «Как есть»
№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения квтч		
1	Средние суммарные затраты ресурса "Электроэнергия" на единичный результат процесса изготовления трубки	2,1021	0,6191	3,39
2	Минимальные суммарные затраты "Электроэнергия" ресурса на единичный результат процесса изготовления трубки	0,9493	0,2561	3,71
3	Максимальные суммарные затраты "Электроэнергия" ресурса на единичный результат процесса изготовления трубки	7,4260	0,8914	8,33
<p>Средний уровень потребления электроэнергии в модели «Как будет» сократился в 3,39 раза, а вариабельность изменения потребления электроэнергии от заказа к заказу сократилась в 2,25 раза</p>				

На рис. 10 представлены гистограмма плотности распределения вероятности суммарных затрат ресурса "Электроэнергия" на единичный результат процесса (на одну произведенную трубку).

\

Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
-------------------	--------------------

<ООО «ПТИ»>

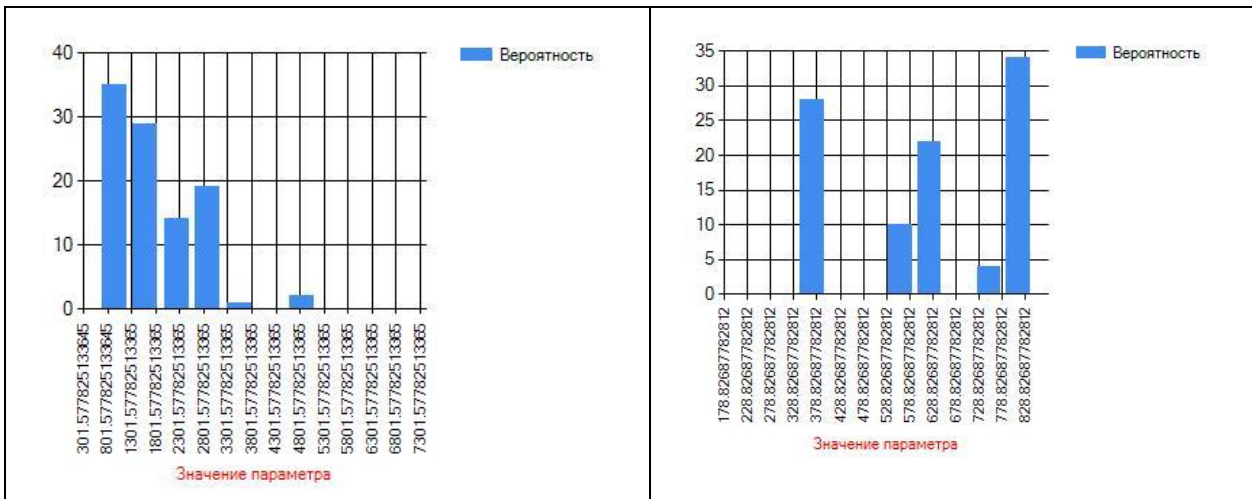


Рис 10. Гистограмма плотности распределения вероятности суммарных затрат ресурса "Электроэнергия" на единственный результат процесса

На рис. 11 представлена график изменения суммарных затрат ресурса «Электроэнергия».

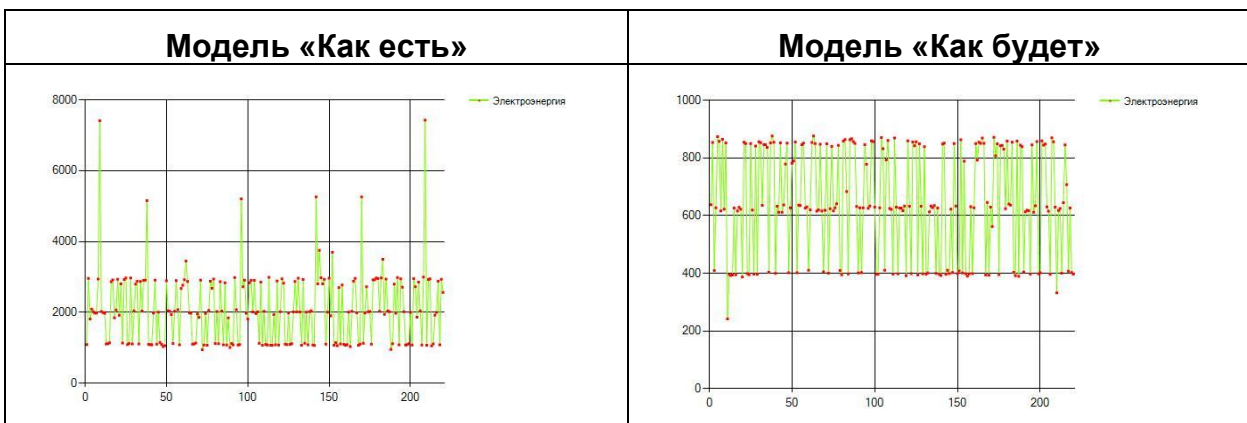


Рис 11. График изменения суммарных затрат ресурса «Электроэнергия».

Затраты ресурса "Сжатый воздух" на изготовление одной трубки

№ п/п	Наименование параметра	Модель «Как есть»	Модель «Как будет»	Коэффициент изменения затрат сжатого воздуха в модели «Как будет» относительно модели «Как есть»
	Единица измерения	м3		

<ООО «ПТИ»>

1	Средние суммарные затраты ресурса "Сжатый воздух" на единичный результат процесса изготовления трубки	4.4805	4.5005	1,0
2	Минимальные суммарные затраты ресурса "Сжатый воздух" на единичный результат процесса изготовления трубки	3.9768	3.9888	1,0
3	Максимальные суммарные затраты ресурса "Сжатый воздух" на единичный результат процесса изготовления трубки	4.9973	4.9501	1,0

Так как потребление сжатого воздуха модели «Как есть» и «Как будет» не отличаются друг от друга, то коэффициент изменения затрат сжатого воздуха в модели «Как будет» относительно модели «Как есть» получился в эксперименте равным 1.

На рис 12 представлена гистограмма плотности распределения вероятности суммарных затрат ресурса "Сжатый воздух" на единичный результат процесса.

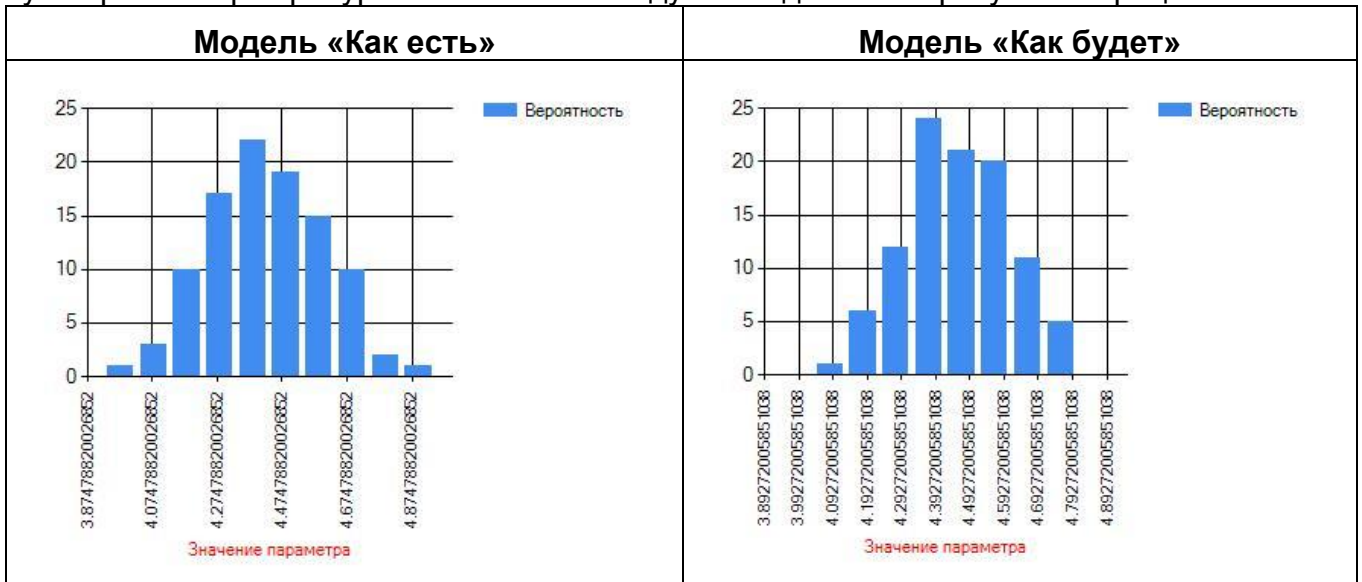


Рис 12. Гистограмма плотности распределения вероятности суммарных затрат ресурса "Сжатый воздух" на единичный результат процесса

На рис 13 представлена график изменения суммарных затрат ресурса "Сжатый воздух".

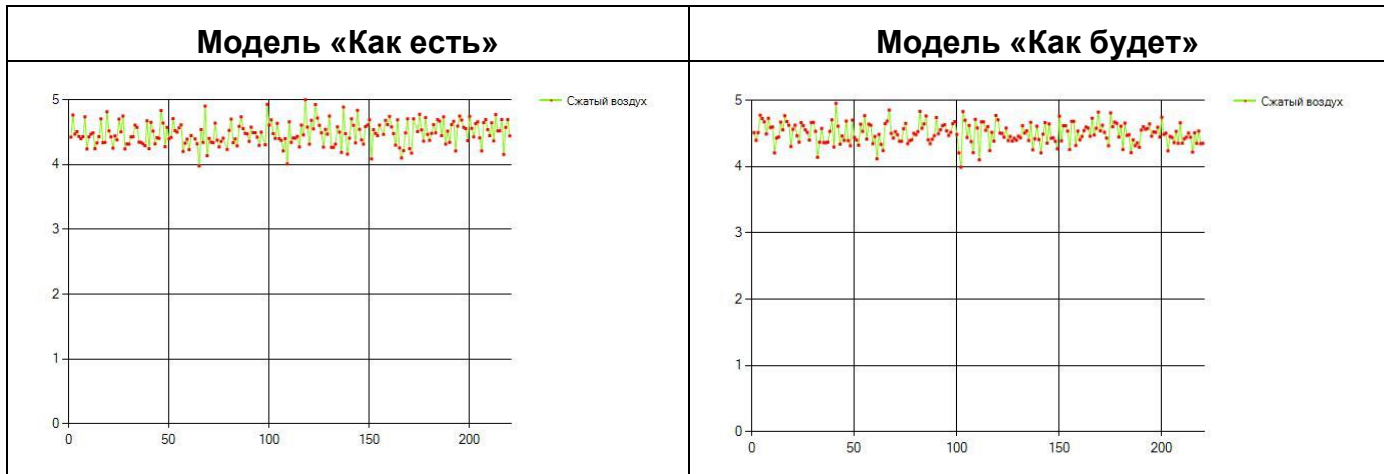


Рис 13 График изменения суммарных затрат ресурса "Сжатый воздух".

Характеристики параметра "Качество" в процедуре "Контроль давлением"

Характеристики несуммируемого параметра объекта "Трубка ГТД самолёта -> Пров_давлением", операции "Проверить трубку на установке контроля давлением", процедуры "Контроль давлением"

Выполненные операции "Проверить трубку на установке контроля давлением":

№ п/п	Наименование	Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
1	Количество выполненных операций "Проверить трубку на установке контроля давлением" процедуры "Контроль давлением"	683	700

Объект "Трубка ГТД самолёта -> Пров_давлением" операции "Проверить трубку на установке контроля давлением".

Система позволяет ввести нормативные границы интервала качества по методу «6-сигм».

В параметр «Качество» при проверке на установке контроля давлением измеряется в "баллах". Для модели «Как есть» границы ровняются: max = 10 баллов,

<ООО «ПТИ»>

min = 8 баллов. Для модели «Как будет» границы ровняются: max = 10 баллов, min = 8 баллов.

Параметр "Качество":

№ п/п	Наименование	Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
1	Единица измерения	"Баллы"	
2	Среднее значение параметра	9.0139	9.5130
3	Минимальное значение параметра	7.8853	9.0665
4	Максимальное значение параметра	9.9594	9.9696

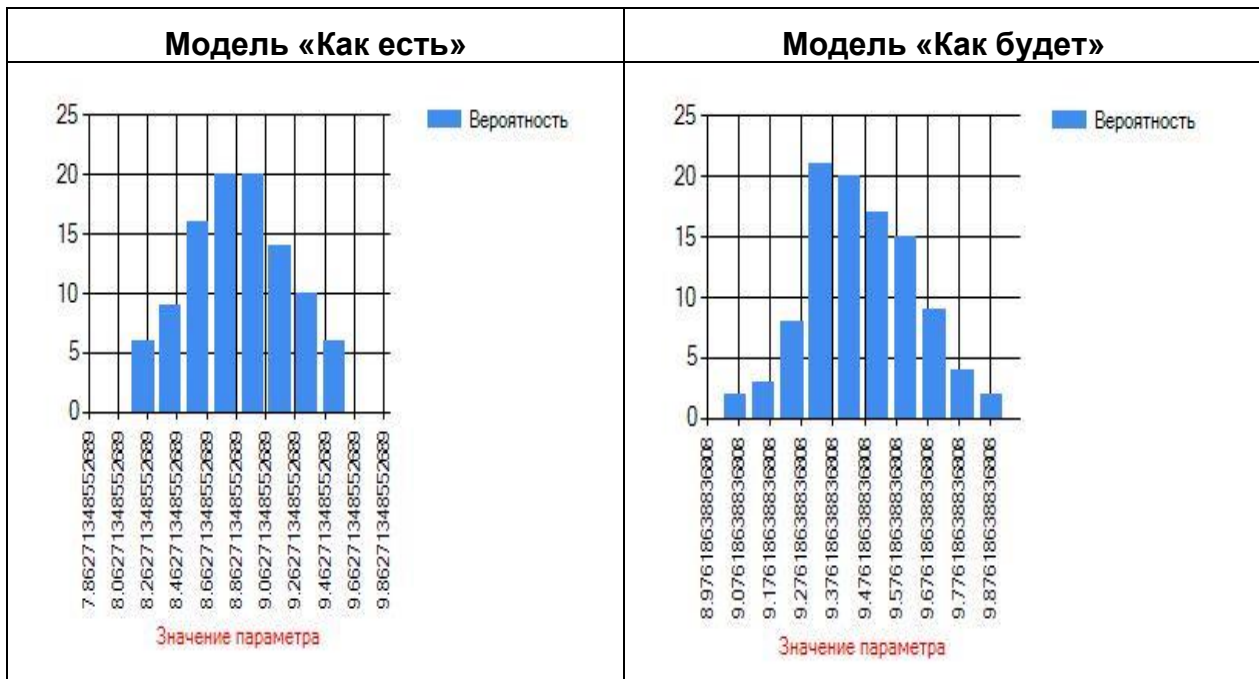


Рис.14. Гистограмма плотности распределения вероятности значений параметра "Качество"

Характеристики параметра "Качество" в процедуре "Контроль рентгеном"



<ООО «ПТИ»>

Характеристики несуммируемого параметра объекта "Трубка ГТД самолёта -> Рентгеноскопировать", операции "Проверить трубку на рентгеновской установке", процедуры "Контроль рентгеном".

Система позволяет ввести нормативные границы интервала качества по методу «6-сигм».

В настоящем проекте параметр «Качество» при проверке на рентгеновской установке измеряется в "мкррент". Для модели «Как есть» границы ровняются: max = 80 мкррент, min = 70 мкррент, Для модели «Как будет» границы ровняются: max = 60 мкррент, min = 50 мкррент,

Выполненные операции "Проверить трубку на рентгеновской установке".

№ п/п	Наименование	Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
1	Количество выполненных операций "Проверить трубку на рентгеновской установке" процедуры "Контроль рентгеном"	633	700

Объект "Трубка ГТД самолёта -> Рентгеноскопировать", операции "Проверить трубку на рентгеновской установке".

Параметр "Качество":

№ п/п	Наименование	Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
1	Единица измерения	"мкррент"	
2	Среднее значение параметра	75.2230	55.0549
3	Минимальное значение параметра	70.8498	50.6280
4	Максимальное значение параметра	79.1225	59.1225

Модель «Как есть»	Модель «Как будет»
-------------------	--------------------

<ООО «ПТИ»>

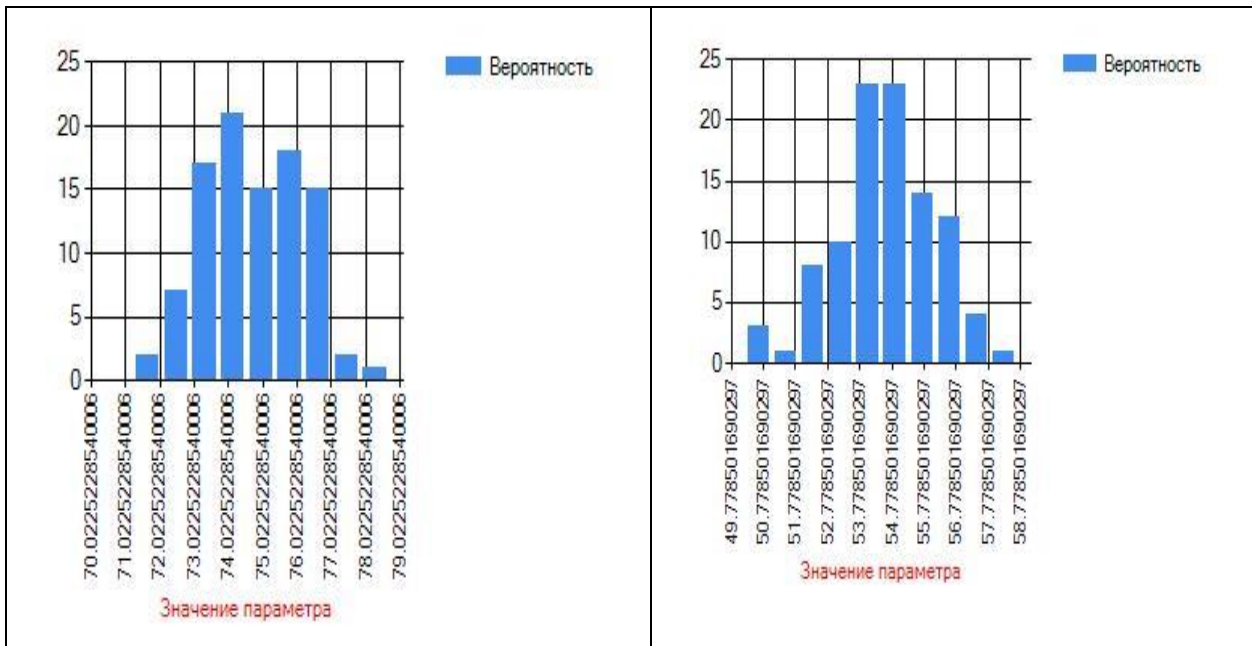


Рис15. Гистограмма плотности распределения вероятности значений параметра "Качество"



<ООО «ПТИ»>

Основные результаты и выводы

Результаты проекта

Проект повышения интегральной эффективности процесса производства трубок выполнен за 1,5 месяца.

В ходе выполнения проекта в системе iROM построены статические и динамические имитационные модели «Как есть» и «Как будет» процесса производства трубок газотурбинного двигателя самолета.

Модель «Как есть» автоматически создана на основе использования методики краудсорсинга¹ занятых в процессе производства сотрудников.

По результатам серии экспериментов, выполненных на модели «Как есть», получены значения основных показателей деятельности (KPI) и выдвинуты гипотезы по улучшению показателей.

Основная гипотеза улучшения показателей деятельности – это переход с ручной гибки с использованием гибочной оснастки и ТВЧ-нагрева, на гибку с применением гибочного станка с числовым программным управлением (ЧПУ).

Для проверки гипотезы перехода к гибке трубок на станке с ЧПУ, технологами и аналитиками предложен ряд изменений модели «Как есть» и перевода её в статус модели «Как будет».

По результатам серии экспериментов, выполненных на модели «Как будет», получены значения KPI модели «Как будет» для сравнения с KPI модели «Как есть».

В результате проведения сравнительного анализа моделей «Как есть» и «Как будет» показано:

- 1. Характеристики входных потоков заказов практически не отличались для моделей «Как есть» и «Как будет»**
- 2. Количество сотрудников, участвующих в производстве трубок сократилось с 36 шт.ед. до 21 шт.ед. (т.е. на 70%).**
- 3. Средние затраты на зарплату в модели «Как будет» сократятся на 86% по сравнению с моделью «Как есть» или на 1057500руб в месяц. .**
- 4. Среднее время производственного цикла сократилось на 49,8%%, а стабильность времени цикла от заказа к заказу повысилась на 108%.**
- 5. Степень загрузки персонала в модели «Как будет» практически не изменилась по сравнению с моделью «Как есть».**

¹ Краудсорсинг – это автоматизированное получение исходных данных от участников процесса по установленным правилам.



<ООО «ПТИ»>

6. **Так как с точки зрения потребления сжатого воздуха модели «Как есть» и «Как будет» не отличаются друг от друга, то и уровень потребления сжатого воздуха в модели «Как будет» относительно модели «Как есть» не изменился.**
7. **Средний уровень потребления электроэнергии в модели «Как будет» сократился в 3,27 раза, а вариабельность изменения потребления электроэнергии от заказа к заказу уменьшилась в 2,6 раза.**
8. **Суммарное время нахождения заказов в очередях в модели «Как будет» практически не изменилось.**
9. **Система позволяет ввести нормативные границы интервала качества по методу «6-сигм» и оценить уровень качества продукции по методу «6-сигм» в заданных точках процесса.**
10. **За счет повышения качества гибки на станке с ЧПУ по сравнению с ручной гибкой, количество забракованных трубок в процессе производства в модели «Как будет» сократилось на 7,5% по сравнению с моделью «Как есть».**
11. **При переходе от модели «Как есть» к модели «Как будет» экономия в рублях по трудозатратам составляет в среднем 492 руб. на одну трубку.**
12. **Трудозатраты на производство одной трубки в модели «Как будет» в среднем сократилось на 60% в чел.час. и на 83%; в рублях, по сравнению с трудозатратами модели «Как есть».**
13. **Производительность труда в чел.час. в процессе производства трубок в модели «Как будет» возросла в среднем на 60%, по сравнению с производительностью модели «Как есть».**
14. **Производительность труда в рублях в процессе производства трубок в модели «Как будет» возросла в среднем на 83,5%, по сравнению с производительностью модели «Как есть».**

Вывод

В ходе выполнения проекта процессной трансформации получены результаты, позволяющие построить новый эффективный, экономически обоснованный технологический процесс модели «Как будет» и внедрить процесс в повседневную производственную практику.